

Docket No.: UDK-0010  
(PATENT)

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of:  
Yukihiro Morimoto, et al.

Application No.: Not Yet Assigned

Group Art Unit: N/A

Filed: Concurrently Herewith

Examiner: Not Yet Assigned

For: LIGHT HEATING APPARATUS AND  
METHOD THEREFOR

**CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS**

MS Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

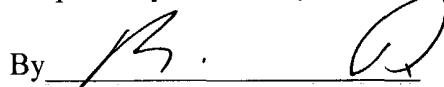
Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

Country	Application No.	Date
Japan	2002-184226	June 25, 2002

In support of this claim, a certified copy of the said original foreign application is filed herewith.

Dated: June 24, 2003

Respectfully submitted,

By   
Brian K. Dutton  
Registration No.: 47,255

Rader, Fishman & Grauer PLLC  
1233 20<sup>th</sup> Street, N.W., Suite 501  
Washington, D.C. 20036  
Tel: (202) 955-3750  
Fax: (202) 955-3751  
Customer No. 23353

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office

出願年月日

Date of Application: 2002年 6月25日

出願番号

Application Number: 特願2002-184226

[ ST.10/C ]:

[ J P 2002-184226 ]

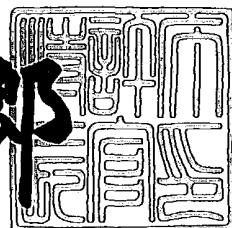
出願人

Applicant(s): ウシオ電機株式会社

2003年 5月 6日

特許長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3032644

【書類名】 特許願

【整理番号】 020061

【提出日】 平成14年 6月25日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県姫路市別所町佐土1194番地 ウシオ電機株式会社内

【氏名】 森本 幸裕

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県姫路市別所町佐土1194番地 ウシオ電機株式会社内

【氏名】 鳥飼 哲哉

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県姫路市別所町佐土1194番地 ウシオ電機株式会社内

【氏名】 溝尻 貴文

【特許出願人】

【識別番号】 000102212

【氏名又は名称】 ウシオ電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100106862

【弁理士】

【氏名又は名称】 五十嵐 勉男

【電話番号】 03-3242-1814

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 163877

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0201375

【ブルーフの要否】 要

【書類名】明細書

【発明の名称】光加熱装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】

希ガスを封入するフラッシュランプと、このフラッシュランプを取り囲むケーシングと、フラッシュランプからの放射光が照射されるシリコンウエハを載置するステージと、フラッシュランプの発光を制御する給電装置から構成される光加熱装置において、

前記ステージのウエハ載置面における前記フラッシュランプの1回の発光は、波長220nm～370nmの範囲の積分放射強度Aと、波長370nm～800nmの範囲の積分放射強度Bとの比率B/Aが1.0以上であることを特徴とする光加熱装置。

【請求項2】

前記フラッシュランプからの放射光は、気密な透光部材を介して前記ステージ面に向って放射され、このステージ面における照射エネルギー密度は、20J/cm<sup>2</sup>以上であることを特徴とする請求項1の光加熱装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は光加熱装置に関し、特に、シリコンウエハなどの基板を光照射により急速に加熱処理する光加熱装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

シリコンウエハなどの基板を光照射により加熱する光照射式加熱装置が知られている。

これは半導体製造工程においてウエハを急速加熱、高温保持、急速冷却するものであり、成膜（ウエハ表面に酸化膜を形成する）、拡散（ウエハ内部に不純物を拡散させる）など広い範囲で行なわれる。拡散についていえば、シリコンウエハの表層部分におけるシリコン結晶に、イオン注入により不純物を導入し、この

状態のシリコンウエハに、例えば1000°C以上の熱処理を施して当該不純物を拡散させることによってシリコンウエハの表層部分に不純物拡散層を形成するものである。

## 【0003】

シリコンウエハの熱処理を行なうためには、ランプを加熱源として用い、この加熱源から放射される光をウエハに対して照射することによって急速に加熱し、その後、急速に冷却することができるRTP (Rapid Thermal Process) 装置が知られている。このような装置の加熱源としてはハロゲンランプが知られていた。

## 【0004】

しかしながら、近年、半導体集積回路の高集積化、微細化がますます要求されていることから、例えば20nm以下というより浅いレベルで不純物拡散を形成することが必要となっており、ハロゲンランプを加熱源とした装置では、このような要請に十分に対応することが困難になっている。

## 【0005】

また、極めて浅い領域に不純物拡散を達成する方法としては、レーザ照射 (Excimer) を用いて、このレーザ光によって数ミリメートルの照射幅でシリコンウエハをスキャンして熱処理を行なう装置と方法が知られている。

しかしながら、レーザ光を使う装置は非常に高価であり、また、シリコンウエハの表面上を小さなスポット径のレーザビームでスキャンしながら熱処理するには、スループットという点で問題がある。

## 【0006】

そこで、光源として、フラッシュランプ (フラッシュランプ) を用い、シリコンウエハに対して極めて短時間に加熱する方法も提案されている。このフラッシュランプによる熱処理方法は、シリコンウエハが受ける温度を下げることができ、照射時間も極めて短いことから大きなメリットがある。しかしながら、フラッシュランプを点灯させる照射処理時、あるいは照射処理後にシリコンウエハが割れてしまうという問題が発生した。

## 【0007】

## 【発明が解決しようとする課題】

この発明が解決しようとする課題は、フラッシュランプを熱源とした光加熱装置であって、シリコンウエハの割れを防止できる構成を提供するものである。

## 【0008】

## 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、この発明の光加熱装置は希ガスを封入するフラッシュランプと、このフラッシュランプを取り囲むケーシングと、フラッシュランプからの放射光が照射されるシリコンウエハを載置するステージと、フラッシュランプの発光を制御する給電装置からなり、このステージ面における前記フラッシュランプの1回の発光は、波長220nm～370nmの範囲の積分放射強度Aと、波長370nm～800nmの範囲の積分放射強度Bとの比率B/Aが1.0以上であることを特徴とする。

## 【0009】

キセノンなどの希ガスを封入する放電ランプは、波長220nmから800nmの全波長領域にわたり連続的な放射スペクトルを発光する。したがって、被照射物であるシリコンウエハにも広範囲の連続スペクトル光が照射されることになる。

この現象から、本発明者は、シリコンウエハは照射面からの深さ方向（厚み方向）において、波長による吸収特性が異なり、ウエハの厚み方向において到達する光波長のスペクトル範囲が微妙に相違していることに着目した。

具体的には、シリコンウエハの照射面から深さ数十nm付近を強力に加熱する波長域の光（短波長光）と、それよりも深い部分を加熱する波長域の光（長波長光）が存在しており、浅い部分を加熱する光の成分が多すぎる場合に、シリコンウエハの厚み方向の温度分布（温度勾配）が大きくなり、これが原因となって、シリコンウエハに割れを生じさせているものと考えた。

そして、シリコンウエハの厚み方向における浅い部分と深い部分において、吸収される光成分の比率を調整することで、当該ウエハ割れの問題を良好に解決できることを見出したものである。

## 【0010】

さらに、前記フラッシュランプからの放射光は気密な透光部材を介して前記ステージ面に向って放射され、このステージ面における照射エネルギー密度は、 $20\text{ J/cm}^2$ 以上であることを特徴とする。

これは、ステージ面における照射エネルギー密度が $20\text{ J/cm}^2$ 以上という大きなエネルギーによる光加熱処理では、上記したウエハの厚み方向における光吸收の相違に基づくウエハの割れ以外に、ランプの発光に伴う衝撃波の影響を受けていることを見出した。

そして、フラッシュランプからの放射光を、直接、シリコンウエハに照射されるのではなく、気密な透光部材を透過させて照射させることで、当該透光部材が衝撃波を遮断する役割を果たし、その影響を低減させるというのである。ここで、「気密な透光部材」とは、網やスリットのように空間的に連通する透光部材を排除する意味であって、石英ガラスなどの板状部材によって、透光部分において空間的に仕切る構成を意味するものをいう。

#### 【0011】

#### 【発明の実施の形態】

図1はこの発明の光加熱装置の概略構成を示す。

光加熱装置10は、シリコンウエハWを被処理物とするものであって、雰囲気ガス導入口11Aと、排出口11Bとを有する石英ガラス製のチャンバー11と、このチャンバー11内に配置されたシリコンウエハを支持するためのステージ12とを備えている。チャンバー11の天井面（図1において上面）には、石英の平板13が気密な透光部材として設けられる。

#### 【0012】

透光部材13の上方には、フラッシュランプ20が加熱源として設けられ、チャンバー11の下方には予備加熱手段としてのハロゲンヒータランプ30が設けられている。このヒータランプ30は、ステージ12に埋設されて、チャンバー制御回路31により温度制御される。このチャンバー制御回路31では、ステージ12の昇降機能やガス導入口11A、ガス排出口11Bの開閉制御なども行なわれる。

#### 【0013】

この光加熱装置10によれば、不純物が導入されたシリコンウエハWがチャンバー11内に搬入されると、ヒータランプ30によりシリコンウエハWを不純物の熱拡散が問題にならない所定温度まで予備加熱した後、フラッシュランプ20を発光させることでシリコンウエハWへの閃光放射による熱処理が行なわれる。

このような熱処理により、シリコンウエハWはその表層部分が急速に高温になるよう加熱され、その後、急速に冷却されてチャンバー11から搬出される。なお、予備加熱は、ウエーハの厚み方向の温度勾配を小さくすることと照射面の温度を必要な程度まで上昇させるために必要なランプに注入するエネルギーを最小に留めるという理由で行なうことが好ましく、加熱温度は、300～500℃の範囲から選択され、例えば、350℃である。

また、ヒータランプ30とフラッシュランプ20による熱処理中におけるウエハの表面温度は1000℃以上になり、具体的には1000℃～1300℃の範囲で熱処理される。このように、ウエハにおける最大温度を1000℃以上にまで加熱することにより、ウエハ表層部分に確実に不純物拡散層を形成することができる。

#### 【0014】

フラッシュランプ20は、透光部材13に沿って等間隔で並行に配列されており、これらフラッシュランプ20に対して共通の反射鏡32が覆い被さり、この反射鏡32をケーシング34が収納する。また、各フラッシュランプ20の点灯動作は給電装置34により制御される。

この実施例においては、フラッシュランプ20を内蔵するケーシング33は放射光側が開口になっているが、この開口を覆うように透光部材を設けることができる。

#### 【0015】

図2は、フラッシュランプ20の概略構成を示す。

直管型の石英ガラス製放電容器21には、例えば、キセノンガスが封入されており、両端が封止されて内部に放電空間が区画される。放電空間内には陽極22、陰極23が対向配置しており、放電容器21の外面には長手方向にトリガ電極24がトリガバンド25に保持されて配設される。

## 【0016】

フラッシュランプについて数値例をあげると、放電容器の内径は $\phi 8 \sim 15\text{ mm}$ の範囲から選択され、例えば $10\text{ mm}$ 、放電容器の長さは $200 \sim 550\text{ mm}$ の範囲から選択され、例えば $300\text{ mm}$ である。

封入ガスであるキセノンガスの封入量は $200 \sim 1500\text{ torr}$ の範囲から選択され、例えば $500\text{ torr}$ である。また、主発光成分としてはキセノンガスに限らず、その代わりにアルゴンやクリプトンガスを採用することもできる。また、キセノンガスに加えて水銀など他の物質を添加することもできる。

電極は、タンゲステンを主成分とする焼結型電極であって、大きさは外径が $4 \sim 10\text{ mm}$ の範囲から選択され、例えば $5\text{ mm}$ 、長さが $5 \sim 9\text{ mm}$ の範囲から選択され、例えば $7\text{ mm}$ である。電極間距離は $160 \sim 500\text{ mm}$ の範囲から選択され、例えば $280\text{ mm}$ である。また、陰極にはエミッターとして酸化バリウム( $\text{BaO}$ )、酸化カルシウム( $\text{CaO}$ )、酸化ストロンチウム( $\text{SrO}$ )、アルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )などが混入されている。

さらに、トリガ電極は、ニッケルやタンゲステンで形成されるワイヤ状のものであり放電容器に接触される。

## 【0017】

図3は、図1に示す給電装置34であって、フラッシュランプ20の点灯回路を示すもので、特に、複数のフラッシュランプ20に対して共通の充電回路Sと各フラッシュランプごとに対応する発光回路Hを有している。

充電回路Sは、交流電源ACに接続され、スイッチングインバータ回路、トランジスタT、整流回路、およびインバータ回路の制御回路から構成される。

整流回路の後段には、フラッシュランプごとに設けられた発光回路H(H1、H2・・・Hn)が接続される。各発光回路Hは、逆流防止ダイオードD、電圧検出用抵抗回路R、主コンデンサC、チョークコイルLなどから構成され、この発光回路Hにフラッシュランプ20が接続される。

また、各フラッシュランプ20には、トリガー電極24が併設され、このトリガ電極24はトリガー回路26に接続される。なお、フラッシュランプ20と発光装置Hは、実際には20～30個接続されている。

## 【0018】

このような給電装置において、インバータ回路を経て各発光回路Hの主コンデンサCにエネルギーが充電される。主コンデンサCに十分なエネルギーが充電されると、トリガ電極24の印加によって、石英ガラスからなる放電容器を誘電体として電界を誘発するとともに、それにつれて主コンデンサCのエネルギーが一瞬に放電してフラッシュ発光（閃光発光）をする。ここで、各発光回路Hでは主コンデンサCの充電電圧を検知するとともに、全ての発光回路の主コンデンサCが充電を完了したら、全てのトリガ電極に同時に電圧を印加させて、フラッシュランプを同じタイミングで一斉に発光させなければならない。

## 【0019】

このような給電装置によるフラッシュランプの発光について、数値例をあげると、主コンデンサCの充放電は、例えば1分間に0.5~2回、具体的には1回の割合で繰り返され、主コンデンサCには、例えば、2000~5000Vの範囲から選択され、例えば4500V、エネルギーで表現すると1200~7500Jの範囲から選択され、例えば6000Jものエネルギーが充放電を起こし、各フラッシュランプに供給する。

フラッシュランプの本数は、前記のように5~30本から選択されて、例えば、10本である。そして、照射面における光強度は、フラッシュランプの総本数が5~30の範囲として、 $10 \sim 50 \text{ J/cm}^2$ 範囲から選択され、例えば $20 \text{ J/cm}^2$ となる。

## 【0020】

図4は、ステージのウエハ載置面における放射光のスペクトルを表す。縦軸は波長500nmの強度に対する相対放射強度を示し、横軸は波長(nm)を示している。

このうち、波長220nm~波長370nmを短波長の光、波長370~800nmを長波長の光と、本発明では称している。そして、短波長の光と長波長の光は、シリコンウエハの厚み方向において吸収量が異なっている。

具体的には、波長220nm~波長370nmの光は、大きな光強度として表面のごく浅い部分のみを加熱しているのに対し、波長370~800nmの

光は表面から深さ400nmの領域まで同じ程度（短波長に比較すると）の光強度をもって加熱に寄与する。

ここで、シリコンウェハの厚さは、概略725μmであり、イオン注入などで導入された不純物を活性化させるためには、概略100nmの深さまでを加熱させなければならない。

#### 【0021】

そして、本発明者は、上記ウェハ加熱に関する特性からフラッシュランプから放射される波長220nm～波長800nmの波長範囲において短波長領域の光と長波長領域の光の強度比を調整することでウェハの厚さ方向における加熱状態のアンバランスを解消することができ、これによってウェハが割れるという問題も良好に解決できることを見出した。

#### 【0022】

次に、上記短波長領域の光と長波長領域の光の強度比とウェハ割れの因果関係を立証する実験例について説明する。

図1に示す装置と概略同様の構成であって、フラッシュランプを便宜上1本配置させた簡易な装置を構成して、短波長領域の光と長波長領域の光の強度比を変化させて実験を行なった。

実験の仕様は、直径4インチ、厚さ725μmのシリコンウェハをヒータを内蔵したステージ上にセッティングさせ、シリコンウェハを約350℃に加熱した。フラッシュランプは、電極間距離160mm、内径10mm、キセノンガスを主発光成分として封入したものを探用した。これらは同一条件として、発光管の材料と構成を個々に変化させて短波長領域の光と長波長領域の光の強度比を変化させた。具体的には、発光管材料はシリカガラスに酸化チタン(TiO<sub>2</sub>)、酸化セリウム(CeO<sub>2</sub>)を含有させて、含有量を数十～数百重量ppmの範囲で変化させた。さらに、発光管の内径は前記のように10mmであるが、ガラス管の肉厚を変化させた。

ここで、「短波長領域」とは波長220nm～370nmの範囲であって、その積分放射強度Aとし、また、「長波長領域」は波長370～800nmの範囲であって、その積分放射強度Bとした。光強度の測定は、ステージにファイバー

端面をランプに向けて配置させるとともに、ファイバーによって瞬時分光器（スペクトルラジオメータ）まで導光させて波長分解能0.5 nm、時間分解能5 msで測定を行なった。

積分放射強度は、各々の波長範囲における放射強度の積分値であって、1回のフラッシュ発光の合計値を測定している。

#### 【0023】

以上の実験によって、短波長領域は波長220 nm～370 nmの範囲として積分放射強度Aと、長波長領域は波長370～800 nmの範囲として積分放射強度Bとして放射強度比B/Aが、0.8, 0.9, 1.0, 1.3, 3.0, 5.0の場合にシリコンウエハは割れたか否かを測定した。

さらに、フラッシュランプとシリコンウエハの間に窓部材を介在させた場合と、介在させない場合の両ケースに対して実験を行なった。

測定は、各々の条件に対してシリコンウエハ25枚に対して何枚割れたかを見ている。

#### 【0024】

図5に実験の結果を表す。窓部材を介在させた場合は、B/Aが1.0, 1.3, 3.0, 5.0のとき、25枚のシリコンウエハは1枚も割れることができなかった。一方、B/Aが0.8のときは8枚のウエハが割れ、また、0.9のときは5枚のウエハが割れた。

この実験より、B/Aが1.0より大きい（1.0も含む）場合には、シリコンウエハが厚み方向において応力が発生しない程度に緩やかな温度勾配をもって加熱させることができるのでに対し、1.0より小さい場合には、シリコンウエハの厚み方向において温度勾配が急激となり応力発生に基づくウエハ割れが発生したものと推測される。

#### 【0025】

なお、B/Aをより大きくすると、ウエハを厚み方向においてより温度勾配の小さい加熱を達成することが可能になると推測できる。しかしながら、イオン注入などで導入された不純物を活性化させるためには、前記のようにウエハ表面から概略100 nmの深さまでであるため、それ以上の厚さまでの均一加熱を考慮

することは加熱に必要のないエネルギー消費の割合を増加させるという観点から望ましいことではない。この意味において、B/Aの上限値は5.0、より望ましくは3.0である。

## 【0026】

また、フラッシュランプとシリコンウェハの間に窓部材を介在させない場合は、B/Aが0.8~5.0の全てにおいてウエハ割れを発生させた。これは、フラッシュランプの発光エネルギーが大きい場合にランプからの衝撃波が発生して、これが原因でウエハ割れを生じさせるものと考えられる。つまり、短波長領域の光と長波長領域の光の強度比を考慮したとしても、フラッシュランプの発光エネルギーが大きい場合は衝撃波の影響を受けることになる。

本発明者は、銳意検討することで、ウエハ照射面における照射エネルギー密度が $20\text{ J/cm}^2$ 以上のときにウエハ割れという意味の衝撃波の影響を受けることを見出している。

## 【0027】

上記実施例においては、B/Aを変化させるファクターとして、発光管の材料と肉厚を採用したが、これに限るものではなく、発光管内のガス圧、希ガスのガス種、フラッシュランプへの投入エネルギーなど他のファクターを採用することもできる。

また、本発明においては、「短波長領域」の範囲を波長 $220\text{ nm}\sim 370\text{ nm}$ として、「長波長領域」の範囲を波長 $370\sim 800\text{ nm}$ としたが、波長 $370\text{ nm}$ を境界にすることで、B/Aが「1.0」という数値によって本発明の作用効果を規定できるものであって、技術思想としては、ウエハの表面近傍で吸収される短波長の光と、ウエハ内部まで侵入する長波長の光を放射強度比を規定することにある。

## 【0028】

また、図1に示す装置においては、ステージを有するチャンバーに光透過窓を配置させたが、フラッシュランプを有するケーシングに光透過窓を設けることも可能であり、両者に光透過窓を設けてもよい。

また、1回のフラッシュ発光は、概ね $50\sim 1000\mu\text{sec}$ であり、実際の

処理では、ウエハに対して1～10回程度、典型的には5回照射させる。

本発明の光処理は、前記のように複数のフラッシュランプを配置させて、これらを同時に発光させることで照射処理する場合もあるが。この場合は、各フラッシュランプの放射スペクトルそのものは、必ずしも同じである必要はなく、ステージの照射面における短波長の光と長波長の光の比率が重要な要素となる。

#### 【0029】

このように、この発明の光加熱装置は、ステージ面における前記フラッシュランプの1回の発光は、波長220nm～370nmの範囲の積分放射強度Aと、波長370nm～800nmの範囲の積分放射強度Bとの比率B/Aが1.0以上とすることで、シリコンウエハの厚み方向における浅い部分と深い部分における光の吸収割合を均一に調整することができ、これにより、厚み方向におけるウエハ内部の応力発生に基づき割れの問題を良好に解消することができる。

#### 【0030】

さらに、フラッシュランプとステージ面との間に気密な透光部材を介在させることにより、フラッシュランプからの発光エネルギーが強大な場合であっても、その衝撃波を影響を受けることなく、ウエハを良好に加熱制御することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

この発明に係る光加熱装置の全体概略構成を示す。

##### 【図2】

この発明に係る光加熱装置の加熱源であるフラッシュランプを示す。

##### 【図3】

この発明に係る光加熱装置の給電装置の回路例を示す。

##### 【図4】

ステージにおける放射光のスペクトルを示す。

##### 【図5】

この発明の実験結果について示す。

#### 【符号の簡単な説明】

10 光加熱装置

11 チャンバー

13 光透過窓

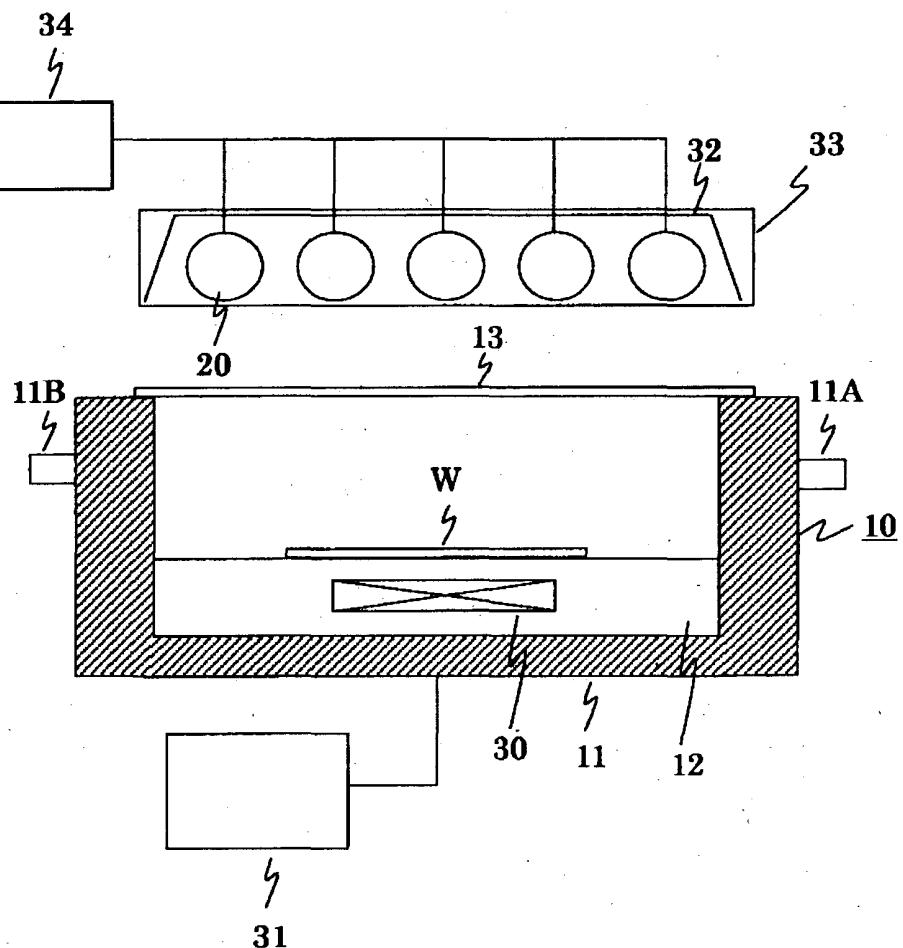
20 フラッシュランプ

33 給電装置

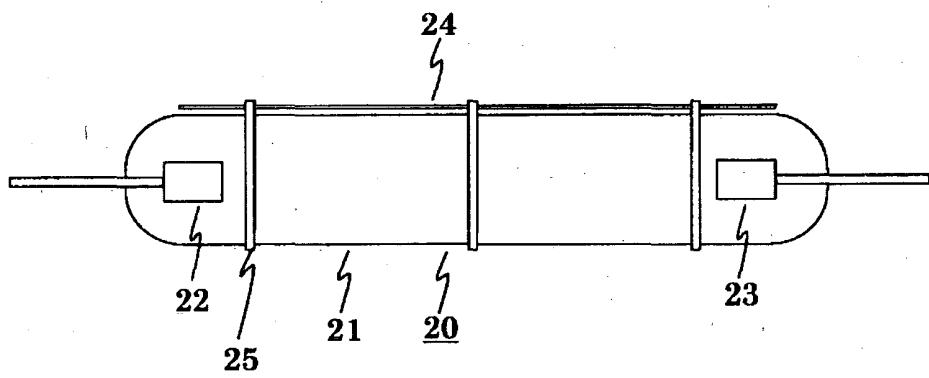
【書類名】

図面

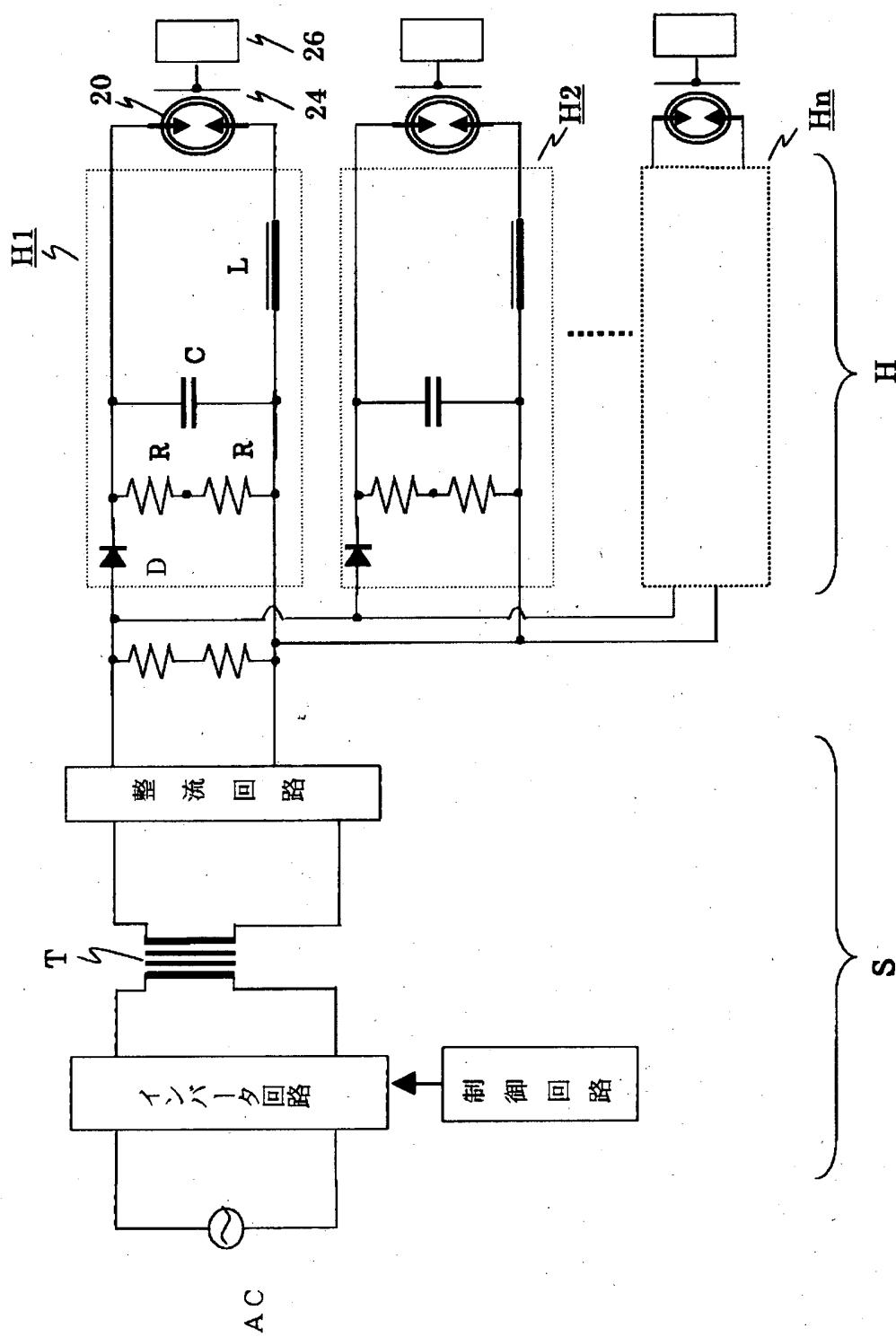
【図1】



【図2】

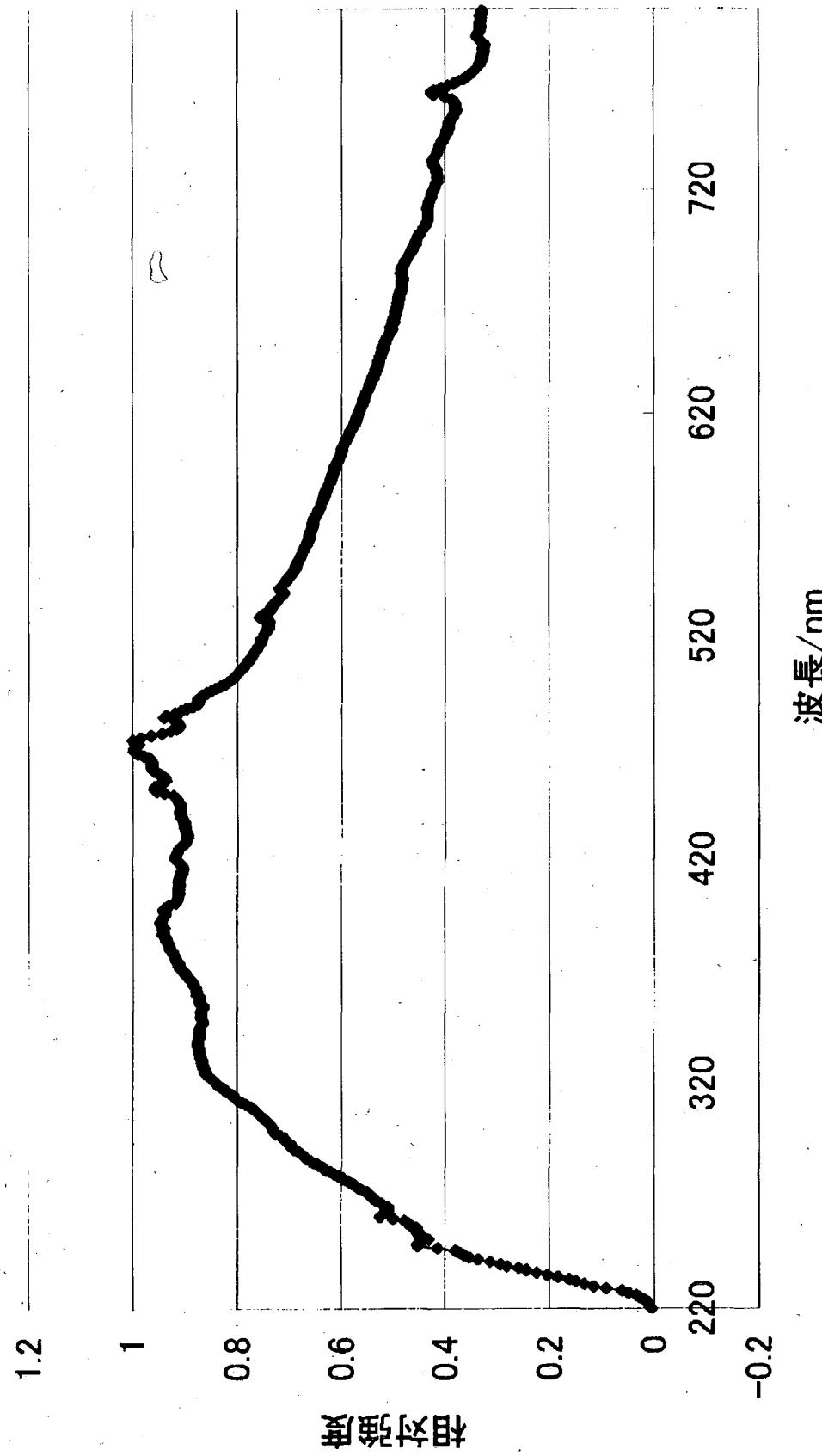


【図3】



【図4】

スペクトル



【図5】

B/A	試験数	窓ありの場合	窓なしの場合
		割れ数	割れ数
0.8	25	8	14
0.9	25	5	12
1.0	25	0	3
1.3	25	0	2
3.0	25	0	2
5.0	25	0	6

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 フラッシュランプを光源とした光加熱装置であって、シリコンウェハの割れを防止するものを提供すること。

【解決手段】 希ガスを封入するフラッシュランプ（20）と、このフラッシュランプ（20）を取り囲むケーシング（32）と、フラッシュランプからの放射光が照射されるシリコンウェハを載置するステージと、フラッシュランプの発光を制御する給電装置からなり、このステージ面における前記フラッシュランプの1回の発光は、波長220nm～370nmの範囲の積分放射強度Aと、波長370nm～800nmの範囲の積分放射強度Bとの比率B/Aが1.0以上であることを特徴とする。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000102212]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区大手町2丁目6番1号 朝日東海ビル19階

氏 名 ウシオ電機株式会社